

## Evaluation de l'efficacité du méthyl parathion vis-à-vis d'*Anthonomus grandis* Boheman en culture cotonnière au Nicaragua

J. Laboucheix<sup>1</sup> et D.F. Gonzalez M.<sup>2</sup>

1. Entomologiste, IRCT-CIRAD, 2, rue Louis-David, 75116 Paris, France.

2. Entomologiste, CEA. Posoltega, Ap. 143 León, Nicaragua.

### RÉSUMÉ

La lutte contre *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera, Curculionidae) est devenue une des préoccupations majeures des cultivateurs de coton au Nicaragua qui sont conduits à utiliser des doses croissantes de méthyl parathion. La mise en œuvre récente de stratégies de lutte spécifiques contre le *picudo* n'a pas donné les résultats espérés, et la possibilité d'une résistance d'*Anthono-*

*mus grandis* au méthyl parathion est envisagée. L'évaluation de l'efficacité du méthyl parathion par la méthode de la DL 50 montre que les populations étudiées sont de 10 à 30 fois moins sensibles que les souches testées aux Etats-Unis et en El Salvador. La substitution, au moins partielle, du méthyl parathion par d'autres produits est à envisager.

MOTS CLÉS : cotonnier, résistance aux insecticides, DL 50, méthyl parathion, Nicaragua.

### INTRODUCTION

En 1984-85, le Nicaragua a importé plus de 3 600 tonnes de méthyl parathion 80 %, représentant une valeur CIF de plus de 9 millions de dollars, soit plus du quart de la valeur totale des insecticides importés durant la période considérée.

Le Nicaragua, comme les autres pays producteurs de coton en Amérique Centrale (fig. 1), est « renommé » pour le grand nombre de traitements insecticides qui y sont effectués chaque année, ce nombre étant généralement supérieur à 20 et pouvant atteindre 25 applications par sai-



Figure 1

Situation géographique du Nicaragua.

Situación geográfica del Nicaragua.

Geographical situation of Nicaragua.

son, voire plus dans certains cas. En 1984-85, on estime que les 120 000 hectares de coton ont reçu en moyenne 23 applications de méthyl parathion, ce qui est considérable.

Le toxaphène et le méthyl parathion figurent depuis longtemps parmi les produits insecticides les plus utilisés au Nicaragua. Le toxaphène a été traditionnellement associé au DDT pour contrôler les larves de lépidoptères, tandis que le méthyl parathion était réservé à la lutte contre *Anthonomus grandis* Boheman, communément appelé le *picudo*. Avec l'abandon du DDT il y a quelques années, l'association toxaphène-DDT-méthyl parathion a laissé la place au mélange toxaphène-méthyl parathion qui s'est à son tour banalisé, et l'emploi du méthyl parathion, loin de se ralentir, a, au contraire, progressé régulièrement. Cette utilisation massive d'un même organo-phosphoré durant des décennies a malheureusement conduit à l'emploi de doses de plus en plus élevées, ce qui pourrait donner quelque crédibilité à l'hypothèse selon laquelle *Anthonomus grandis* pourrait avoir développé une résistance à ce produit.

En règle générale, le méthyl parathion est spécifiquement utilisé contre *Anthonomus grandis*, lequel était présent dès 1944 lorsque débuta la production cotonnière (SEQUEIRA, 1975), et, au fil des années, est devenu le ravageur numéro un de la culture cotonnière au Nicaragua.

Le méthyl parathion peut être employé seul, mais la plupart du temps il entre dans la composition des innombrables cocktails insecticides dont les agriculteurs nicaraguayens sont particulièrement amateurs. Les doses utilisées vont de un à trois litres par manzana <sup>(1)</sup>, ce qui correspond à des quantités allant de 700 à 2 100 grammes de matière active à l'hectare.

Une telle diversité dans les produits utilisés est essentiellement due à deux facteurs : d'une part, un complexe de déprédateurs variés et s'attaquant à toutes les parties de la plante, et, d'autre part, une tendance naturelle chez les agriculteurs à traiter de façon excessive (LABOUCHEIX, 1973).

La pression parasitaire est effectivement très importante, puisqu'à côté d'*Anthonomus grandis* on trouve tout un groupe de lépidoptères parmi lesquels on mentionnera : *Spodoptera exigua* (Hübner), *S. frugiperda* (Abbott et Smith), *Heliothis zea* (Boddie), *H. virescens* (F.), *Estigmene acrea* (Drury) et *Alabama argillacea* (Hübner). Signalons également la présence d'un certain nombre d'autres ravageurs tels qu'*Aphis gossypii* (Glover) et *Bemisia tabaci* (Gennadius) qui joue un rôle important dans la vocation de certaines maladies. La présence simultanée de plusieurs de ces ravageurs est fréquente, ce qui implique l'emploi de mélanges insecticides, et la grande variabilité des populations d'une année sur l'autre rend difficile la mise au point de méthodes de lutte efficaces (LABOUCHEIX, 1971).

Dans les années 70, fut mis sur pied un programme de lutte intégrée qui avait trois objectifs : réduire l'usage excessif d'insecticides, diminuer les coûts de production, et augmenter la production cotonnière. Quinze années après le lancement de ce programme, force est de constater qu'aucun des objectifs fixés n'a été véritablement atteint, et cet échec doit être très sérieusement pris en considération. Le parasitisme a évolué, et, si l'importance relative de certains déprédateurs tels que *Heliothis sp.* a diminué, par contre la lutte contre *A. grandis* s'avère de plus en plus difficile.

### LES STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE ANTHONOMUS GRANDIS

En 1980, la saison fut exceptionnellement favorable au *picudo*, celui-ci étant apparu très tôt et ayant atteint des niveaux d'infestation très élevés. On estime que, durant cette campagne agricole, la quasi totalité des traitements insecticides du cotonnier comportait des produits contre *A. grandis*, le plus important étant bien entendu le méthyl parathion.

Devant cette menace, fut décidée la mise en œuvre d'un Projet Pilote de Suppression du Picudo (PPSP), implanté dans la zone cotonnière à proximité des localités de Malpaisillo, Chinandega, Quezalguaque et Poneloya (fig. 2). Le principe retenu tenait compte du fait qu'*A. grandis* n'ayant pas de diapause au Nicaragua (GONZALEZ et BARRERAS, 1983), il manifeste une activité biologique continue,

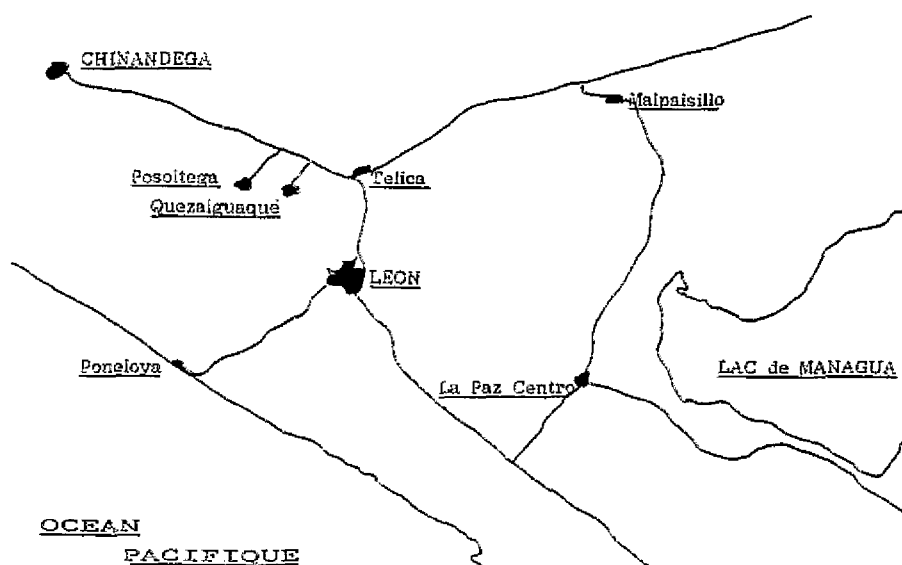


Figure 2  
Zone cotonnière pacifique.  
Zona algodonera pacifica.  
Pacific cotton area.

(1) 1 manzana = 7 000 m<sup>2</sup>.

même en dehors de la période de culture cotonnière. Au cours de la saison sèche, on le trouve effectivement sur les repousses de la culture précédente, où il peut se maintenir jusqu'à l'époque des semis normaux. L'idée était d'utiliser ce principe pour mettre en place un certain nombre de parcelles-pièges à phéromones. Chaque jour, on traite les *picudos* ainsi attirés à l'aide d'applications terrestres de méthyl parathion, et, chaque semaine, on ramasse et on enterre les organes fructifères tombés au sol, pour détruire les formes immatures de l'insecte.

Mis en place en 1982, le projet couvrait une superficie de 25 000 manzanas, soit 17 000 hectares, répartis sur deux zones : une zone sèche (Malpaisillo, El Terrero) et une zone humide (Poneloya, Quezalguaque). A l'issue de la première année, les résultats ayant été jugés encourageants, il fut décidé de poursuivre l'opération, qui reçut alors le nom de PCP (Programa de Control del Picudo) ou Programme de Lutte contre le Picudo.

Le PCP devait en principe comprendre les deux zones du PPSP, plus une troisième zone de 20 189 manzanas, soit 14 130 ha, incluant les localités de Telica, León, La Paz Centro et Nagarote (fig. 2). Toutefois, les difficultés matérielles rencontrées n'ont pas permis de mener le projet à bien dans sa totalité, et l'évaluation finale du projet faite en 1984 ne porte plus que sur les zones déjà retenues pour le PPSP (CEA, 1984). Cette évaluation fait état de résultats inégaux. On trouvera dans le tableau 1 une comparaison des quantités d'insecticides utilisées dans la zone PCP et en dehors de celle-ci. Les données portent sur des insecticides essentiellement employés contre *A. grandis* (méthyl parathion, toxaphène).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un certain nombre de sites ont été sélectionnés dans la zone cotonnière le long du Pacifique, et plus particulièrement dans les *fincas* ayant fait l'objet d'un suivi de populations au cours des années antérieures (fig. 2).

Les sites retenus se trouvent à proximité des localités de Telica, Chinandega, Posoltega, Quezalguaque et Malpaisillo. Sans être totalement représentatives de l'ensemble de la zone cotonnière, ces localités n'en constituent pas moins un échantillonnage varié, tant sur le plan climatique que sur celui de la nature des sols, ce qui signifie des situations écologiques différentes, susceptibles d'induire des modifications dans le comportement de l'insecte.

Les adultes d'*Anthonomus grandis* utilisés dans les tests proviennent de boutons floraux (*pachas*) tombés au sol après piqûre, puis ramassés, amenés au laboratoire et conservés jusqu'à émergence des adultes. Cette méthode est couramment pratiquée et évite toute manipulation préalable des adultes (BRAZZEL et SHIPP, 1962).

L'époque du ramassage varie de juillet à décembre, et les parcelles de cotonnier utilisées étaient soit des champs de cultivateurs, soit des parcelles dites pièges spécialement semées pour attirer, puis détruire les *picudos*, soit encore des parcelles *rastreros*, c'est-à-dire des parcelles de cotonniers qu'on laisse repousser en intercampagne.

La méthode d'application topique utilisée est celle qui est classiquement préconisée par l'Entomological Society

TABLEAU 1

Quantités d'insecticides (en kg/ha de matière active) utilisées dans les zones 1 et 2 du PCP en 1983-84.

Cantidades de insecticidas (en kg/ha de materia activa) utilizadas dentro de la zona 1 y 2 del PCP en 1983-84.

Amounts of insecticides (in kg/ha of active ingredient) used in PCP areas 1 and 2 in 1983-84.

	Méthyl parathion	OP total	OC total	Total
Zone 1 PCP	44	52,2	55,8	105,4
témoin	37	43,5	48,2	91,8
Zone 2 PCP	23,4	29,1	37,4	66,7
témoin	39	53,1	73,1	126,2

Si les résultats sont nettement en faveur du PCP dans la zone 2, ils ne le sont pas dans la zone 1. Toutefois, on peut considérer que la période de référence est trop courte, et il eût fallu poursuivre l'expérience sur plusieurs années pour tirer une conclusion vraiment fiable. Malheureusement, l'opération PCP n'a pas été reconduite et le problème de la lutte contre *Anthonomus grandis* reste donc entier.

Parallèlement à la réalisation de ces différents projets, la section d'entomologie du Centre de Posoltega a mis en place un programme d'étude de la DL 50 d'*A. grandis* vis-à-vis du méthyl parathion afin de déterminer le niveau de sensibilité de l'insecte. Cette étude a débuté en 1982 et s'est poursuivie de façon continue jusqu'à novembre 1985. Le présent travail rend compte des principaux résultats obtenus, et fait le point de la situation actuelle ainsi que des mesures à envisager dans le futur.

of America (Anonyme, 1968). Les organes floraux récoltés sont conservés à une température comprise entre 27 et 30°, à une hygrométrie de 60 à 70 %. Après leur émergence, les adultes sont maintenus dans les mêmes conditions, nourris avec de jeunes feuilles cotylédonaire, et reçoivent l'application topique au bout de 48 heures (LABOUCHEIX, 1978).

Celle-ci est faite avec un micro-applicateur de marque ARNOLD, réglé pour appliquer une quantité de 1 microlitre de solution acétonique sur la partie dorsale du thorax de chaque insecte. Le poids moyen des adultes dans les tests est de 15 milligrammes. Après application, les insectes sont mis dans des boîtes de Pétri ventilées, et alimentés avec de jeunes feuilles de cotonnier. Les comptages de mortalité sont effectués au bout de 48 heures, étant considéré comme mort tout insecte ne réagissant pas au pincement de la patte.

L'insecticide utilisé était du méthyl parathion technique à 80 % de matière active dont la composition avait été vérifiée par un laboratoire français spécialisé dans l'analyse des pesticides.

Le traitement des données par la méthode Log-Probir (FINNEY, 1964) a été effectué par le service de biométrie de l'IRCT à Montpellier. Les résultats sont exprimés en microgrammes d'insecticide par adulte d'*Anthonomus grandis*, conformément aux recommandations de l'Entomological Society of America.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Experimentation 1982-83

Les premiers tests réalisés revêtaient un caractère préliminaire et avaient essentiellement pour but de roder la méthode et de l'adapter aux difficiles conditions de travail de la station de Posoltega. Ces tests, peu nombreux, n'ont porté dans un premier temps que sur un nombre limité d'insectes, soit de 20 à 30 adultes par dose appliquée. Les insectes provenaient de trois fincas situées à Quezalguaque

(finca Soledad), Chinandega (finca Santa Carlota), et Posoltega (finca Chiquimulapa).

Six doses, échelonnées de 0,03 µg à 2,5 µg/insecte ont été testées, et nous avons retenu comme DL 50 de référence la valeur établie par VAISSAYRE et ALVARADO (1982) dans une étude réalisée au Salvador, pays voisin du Nicaragua, et dont les conditions de culture cotonnière sont très similaires. Or, les premières DL 50 calculées ont donné des

valeurs de l'ordre de 0,5 à 0,7 µg/adulte, soit de 10 à 20 fois la valeur de 0,048 µg calculée par VAISSAYRE et ALVARADO pour des insectes collectés au champ.

Au cours de la campagne cotonnière 1983, le programme de tests par applications topiques s'est poursuivi, et deux autres localités ont été retenues : Malpaisillo, et Telica (finca San José-Telica). Tous les sites de collecte ont été choisis pour leur appartenance au périmètre du PCP (Programa de Control del Picudo) et en raison du fait que l'évolution des populations d'insectes y avait été, à des degrés divers, assez bien suivie dans les années antérieures.

Au total, plus de 5 000 insectes provenant de boutons floraux tombés sur le sol ont été utilisés. La période de collecte des insectes était comprise entre les mois d'août et de décembre, et les parcelles de cotonniers retenues étaient soit des champs destinés à la culture commerciale, soit des parcelles pièges sur lesquelles les adultes d'*A. grandis* étaient systématiquement éliminés par des applications répétées de méthyl parathion.

On trouvera dans le tableau 2 les valeurs des DL 50 calculées, exprimées en microgrammes d'insecticide par adulte.

TABLEAU 2

Valeur des DL 50 obtenues avec des adultes d'*Anthonomus grandis* collectés dans différentes localités du Nicaragua en 1983 et traités en applications topiques avec du méthyl parathion.

Valores de las DL 50 obtenidos con adultos de *A. grandis* recolectados en diferentes localidades de Nicaragua en 1983 y tratados topicamente con methyl parathion.

Value of the LD 50 obtained with *A. grandis* adults collected in various localities in Nicaragua in 1983 and treated with methyl parathion topical applications.

Origine des insectes traités	Date	Nombre de doses	Nombre insectes/dose	DL 50 µg/ad.	Intervalles de confiance à 0,05 %	
Malpaisillo (parcelle piège)	Août	7	50	1,73	1,36	2,19
Malpaisillo (culture comm.)	Sept.	7	60	1,023	0,83	1,25
Malpaisillo (culture comm.)	Déc.	7	50	0,23	0,18	0,28
Chiquimulapa (parcelle piège)	Août	7	80	0,97	0,81	1,12
Chiquimulapa (culture comm.)	Nov.	7	60	0,73	0,58	0,91
Chiquimulapa (culture comm.)	Déc.	7	40	0,70	0,42	1,15
Soledad (parcelle piège)	Août	7	60	0,87	0,71	1,06
Soledad (culture comm.)	Nov.	7	80	1,16	0,95	1,40
Soledad (culture comm.)	Déc.	7	20	0,31	0,21	0,44
San Jose Telica (culture comm.)	Nov.	7	60	1,35	1,06	1,71
San Jose Telica (culture comm.)	Déc.	7	60	0,31	0,24	0,38
San Carlota (culture comm.)	Nov.	7	60	0,86	0,70	1,06

TABLEAU 3

Valeur des DL 50 obtenues avec des adultes d'*Anthonomus grandis* collectés dans différentes localités du Nicaragua en 1984 et 1985 et traités en applications topiques avec du méthyl parathion.

Valores de las DL 50 obtenidos con adultos de *A. grandis* recolectados en diferentes localidades de Nicaragua en 1984 y 1985, tratados topicamente con methyl parathion.

Value of the LD 50 obtained with *A. grandis* adults collected in various localities in Nicaragua in 1984 and 1985 and treated with methyl parathion topical applications.

Origine des insectes traités	Date	Nombre de doses	Nombre ins./dose	DL 50 µg/ad.	Intervalle de confiance à 0,05 %		Pente
Malpaisillo (culture piège)	Août 84	7	50	0,469	0,189	1,166	1,261
Malpaisillo (culture comm.)	Déc. 84	7	40	0,508	0,347	0,743	1,134
Chiquimulapa (culture piège)	Août 84	7	50	1,437	1,230	1,680	3,059
Chiquimulapa (culture comm.)	Déc. 84	7	170	0,372	0,257	0,538	2,130
Soledad (culture piège)	Août 84	7	50	0,681	0,508	0,914	1,555
Soledad (culture comm.)	Nov. 84	7	60	0,374	0,442	0,746	1,820
San Jose Telica (culture comm.)	Nov. 84	7	100	0,358	0,233	0,550	1,466
Santa Carlota (culture comm.)	Nov. 84	7	40	0,607	0,417	0,884	1,315
Chiquimulapa (repousse)	Juil. 85	7	100	0,606	0,362	0,149	1,047
Posoltega Cea (parcelles essai)	Nov. 85	7	60	0,890	0,477	1,663	1,344

Les valeurs obtenues sont comprises entre 0,23 et 1,73  $\mu\text{g}/\text{adulte}$ , la valeur moyenne de la DL 50 s'établissant autour de 0,8  $\mu\text{g}/\text{adulte}$ , soit 17 fois la valeur prise comme référence de souche sensible (0,05). La diversité des sites et des dates de collecte ne paraissant pas toujours suffisante pour expliquer les différences observées entre les valeurs des DL 50, les recherches entreprises ont montré que les conditions dans lesquelles les organes floraux étaient recueillis et transportés pouvaient présenter des variations notables susceptibles d'altérer les tests.

Compte tenu de ces observations, de nouvelles séries d'applications topiques ont été programmées en 1984-85, un soin particulier étant apporté à l'uniformisation des méthodes de collecte et de transport.

#### Expérimentation 1984-85

On trouvera dans le tableau 3 l'ensemble des résultats obtenus en applications topiques sur des adultes provenant des mêmes sites de collecte que précédemment.

On retrouve là encore une DL 50 élevée, dont la valeur moyenne se situe aux alentours de 0,6  $\mu\text{g}/\text{insecte}$ .

Les figures 3 et 4 montrent qu'à l'exception de Chiquimulapa, les différentes droites de régression ont des pentes très comparables, ce qui traduit une certaine homogénéité de la population considérée. Néanmoins, on notera la forte inclinaison de ces droites, ce qui signifie que pour passer de la DL 50 à la DL 90, il faut augmenter considérablement la dose. Cette observation corrobore les constatations

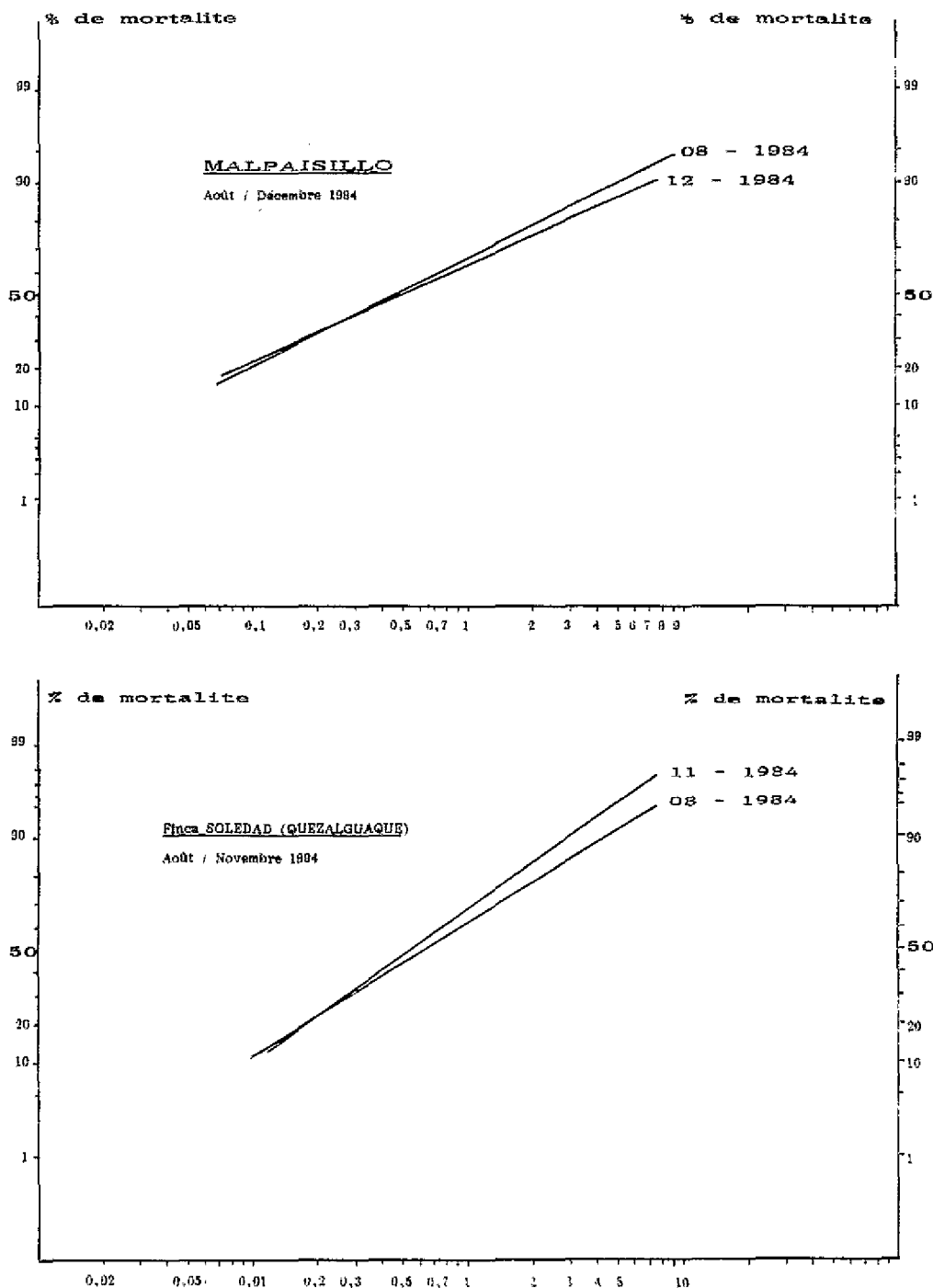


Figure 3

Dose de toxique en  $\mu\text{g}/\text{adulte}$ .

Dosis de producto tóxico en  $\mu\text{g}/\text{adulto}$ .

Dose of toxic product in  $\mu\text{g}/\text{adult}$ .



des agriculteurs, qui ont de plus en plus de difficultés à contrôler le *picudo*, et sont progressivement passés de 1 à 3 litres de méthyl parathion commercial par manzana.

Les valeurs obtenues à partir d'insectes collectés à Chiquimulapa ne reflètent pas la même homogénéité et la valeur de la DL 50 des adultes provenant de parcelles-pièges s'écarte très nettement de la valeur moyenne observée. Il convient de souligner que cette finca était particulièrement bien suivie dans le cadre du PCP, et il n'est pas impossible qu'une souche d'individus résistants ait été sélectionnée à la suite des innombrables traitements effectués pour éliminer les *picudos* capturés.

Quoi qu'il en soit, les valeurs de DL 50 obtenues dans les diverses localités de la zone cotonnière sont beaucoup plus élevées que celles relevées aux Etats-Unis où le *boll-weevil* est un des ennemis majeurs du cotonnier : selon une estimation faite par le National Cotton Council, le coût total des pertes dues au *boll weevil* et à son contrôle était en 1972 de 260 millions de dollars par an. En 1977, plus de 7 000 tonnes de matière active de méthyl parathion ont été utilisées pour la lutte contre *Anthonomus grandis* (COOKE et PARVIN, 1983). Or, malgré cette utilisation prolongée du méthyl parathion, *A. grandis* n'a pas développé de résistance aux organo-phosphorés alors qu'en revanche il est

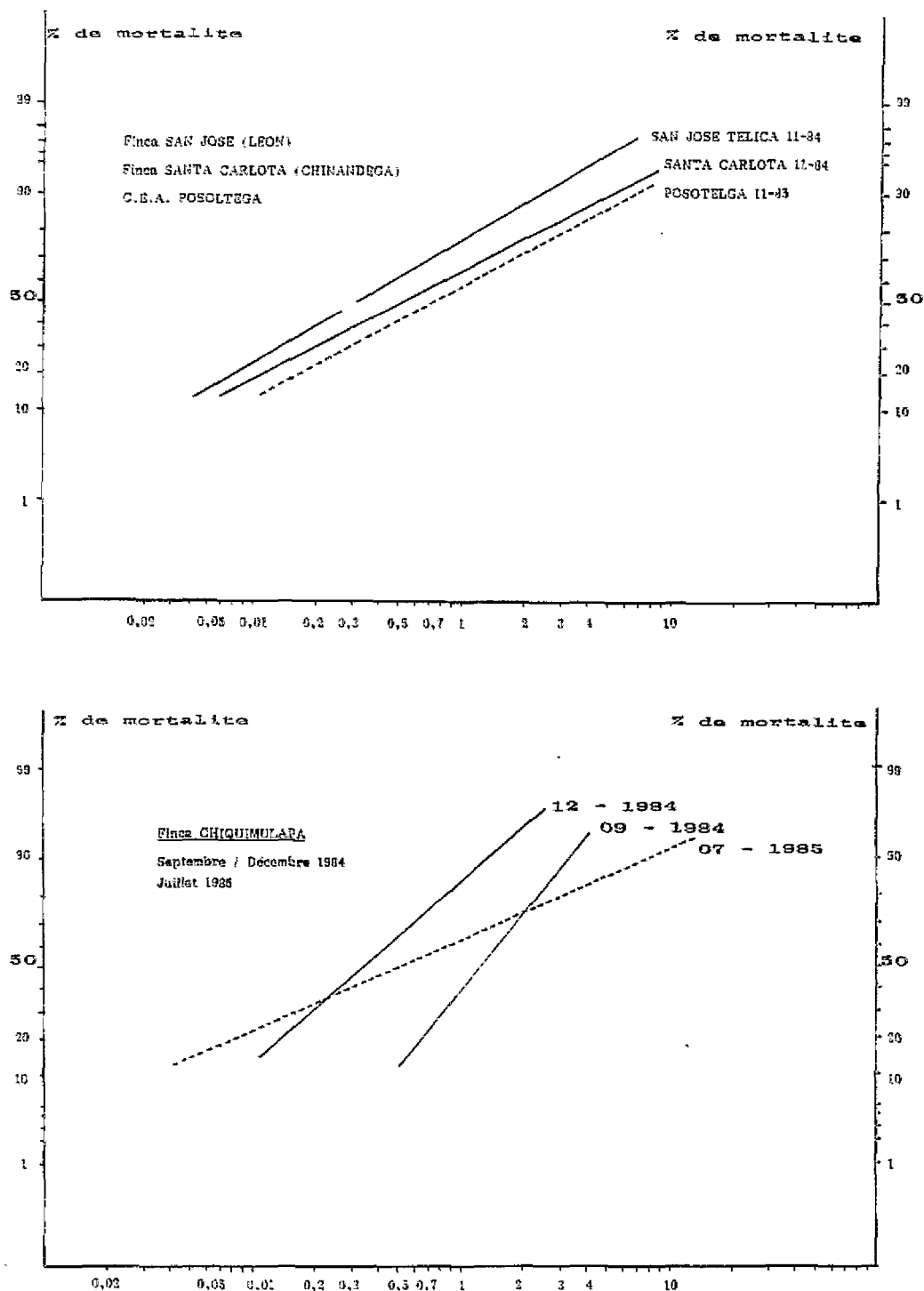


Figure 4

Dose de toxique en µg/adulto.

Dosis de producto tóxico en µg/adulto.

Dose of toxic product in µg/adult.

devenu résistant aux organo-chlorés (ROUSSEL et CLOWER, 1955 ; TIPPINS et BECKHAM, 1962).

En 1962, BRAZZEL et SHIPP, dans une étude réalisée au Texas, estiment qu'il n'y a aucun indice de résistance du *boll weevil* aux organo-phosphorés. La valeur de la DL 50 qu'ils obtiennent à partir d'individus capturés aux champs se situe entre 0,055 et 0,092 µg/insecte pour l'année 1961, et entre 0,044 et 0,073 µg/insecte pour l'année 1962. Dans une autre étude réalisée en Louisiane en 1962, GRAVES et ROUSSEL montrent que la sensibilité au méthyl parathion se maintient stable, et ils donnent des valeurs de DL 50 comprises entre 0,02 et 0,06 µg/insecte selon les localités. En 1973, BOTTRELL *et al.* constatent qu'au Texas la situation reste stable, et qu'en dépit d'un usage répété du malathion, aucune résistance aux organo-phosphorés ne se manifeste.

En 1975, HOPKINS *et al.*, dans une étude portant sur la période 1968-1974, montrent que la valeur de la DL 50 reste comprise entre 0,047 et 0,067 µg/adulte. Une valeur identique est donnée par DAVIS *et al.* (1975) avec des insectes élevés en laboratoire (0,055 µg/adulte).

Une valeur équivalente est donnée par DAVIS *et al.* (1975), à partir d'insectes élevés en laboratoire (0,055 µg/adulte).

Cette situation ne paraît pas avoir changé de façon très marquée au cours des dernières années, et il convient de souligner la remarquable stabilité de la réponse d'*A. grandis* au méthyl parathion aux Etats-Unis. Il est également intéressant de rappeler le cas du Salvador où la valeur de la DL 50 se situe une fois de plus aux environs de 0,05 µg/adulte, ce qui amène les auteurs à conclure que rien n'indique une évolution vers une baisse de sensibilité.

Sur la base des études ci-dessus mentionnées, et en l'absence de références antérieures pour le Nicaragua, on peut considérer ces valeurs comme représentatives d'une situation de non résistance. Dans ces conditions, avec des valeurs de 10 à 30 fois supérieures, la situation au

Nicaragua est préoccupante, et la tolérance élevée manifestée par *A. grandis* vis-à-vis du méthyl parathion peut laisser craindre une évolution vers une résistance à ce produit, et éventuellement à tous les organophosphorés. Cette situation doit être d'autant plus prise au sérieux qu'elle peut indirectement induire une résistance aux pyréthrinoides. En effet, l'apparition récente sur le marché de nouvelles molécules de pyréthrinoides à très large spectre d'action tels que la cyalothrine ou la cyfluthrine, risque de conduire à l'emploi exclusif des pyréthrinoides pour lutter contre tous les déprédateurs du cotonnier au Nicaragua. En n'utilisant qu'une seule famille chimique tout au long de la saison, on multiplierait évidemment de façon considérable les risques d'apparition d'une résistance généralisée aux pyréthrinoides. L'emploi d'associations comprenant un organo-phosphoré et un pyréthrinocide à action plus spécifiquement lépidoptéricide, tels que la cyperméthrine ou la deltaméthrine par exemple, semble devoir constituer une solution plus raisonnable face au risque que nous venons d'envisager.

La mise en évidence d'une possible résistance d'*Anthonomus grandis* au méthyl parathion au Nicaragua doit enfin être prise très au sérieux, compte tenu de l'importante extension de cet insecte en Amérique du Sud, et plus particulièrement au Brésil et en Argentine (IICA, 1984), et il serait souhaitable qu'un programme régional soit établi afin de déterminer la sensibilité des populations migrantes aux principaux insecticides.

De la même façon, il faudra suivre avec intérêt les travaux entrepris par le Centre Expérimental du Coton de Posoltega en vue d'étudier l'évolution des doses de méthyl parathion réellement efficaces aux champs, et de déterminer le rôle exact du toxaphène lorsque celui-ci est associé au méthyl parathion. La mise au point de solutions alternatives par substitution partielle ou totale du méthyl parathion par d'autres organo-phosphorés est également à l'étude et on peut espérer qu'à terme l'ensemble de ces travaux débouchera sur une réduction des risques encourus et un meilleur contrôle d'*A. grandis*.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BOTTRELL, D.G. ; WADE, L.J. ; BRUCE D.L. ; 1973. — Boll weevils fail to develop resistance to malathion after several years of heavy exposure in Texas High Plains. *J. Econ. Ent.*, 66, 3, 791-792.
2. BRAZZEL, J.R. ; SHIPP, D.E., 1962. — The status of boll weevil resistance to chlorinated hydrocarbon insecticides in Texas. *J. Econ. Ent.*, 55, 6, 941-944.
3. CEA Posoltega (Anonyme), 1983. — Proyecto Piloto Supresión del Picudo. Informe final de la temporada 1982-1983, 45 p.
4. CEA Posoltega (Anonyme), 1984. — Informe final. Programa Control de Picudo. Temporada 1983-1984.
5. CEA Posoltega (Anonyme), 1984. — Evaluación del Programa Control del Picudo 1983, 23 p.
6. COOKE, F.T. ; PARVIN, D.W., 1983. — The cost of insecticides used on cotton in the United States. In Ridgway *et al.*, 29-52.
7. DAVIS, J.W. ; HARDING, J. A. ; WOLFENBARGER, D.A., 1975. — Activity of a synthetic pyrethrinoid against cotton insects. *J. Econ. Ent.*, 68, 3, 373-374.
8. Entomological society of America, 1968. — First conference on test methods for resistance in insects of agricultural importance. *Bull. ent. Soc. Amer.*, 14, 31-37.
9. FAO, 1985. — Manual de control integrado de plagas del algodón. Estudio FAO Prod. y Prot. Veget., 48, 146 p.
10. FINNEY, D.J., 1962. — Probit analysis. Second Edition, Cambridge University Press, 317 p.
11. GONZALEZ, M. (D.F.) ; BARCENAS, E. (R.A.), 1983. — Diapausa y proporción de los sexos en *Anthonomus grandis* Boh. en relación a la precipitación pluvial y desarrollo del algodón. Univ. Nac. Auton. Nic., 57 p.
12. GRAVES, J.R. ; ROUSSEL, J.S., 1962. — Status of boll weevil resistance to insecticides in Louisiana during 1961. *J. Econ. Ent.*, 55, 6, 938-940.
13. HOPKINS, A.R. ; TAFT, H.M. ; JAMES, W., 1975. — Reference LD 50 values for some insecticides against the boll weevil. *J. Econ. Ent.*, 68, 2, 189-192.
14. IICA-COSAVE-FAO, 1984. — Primera reunión del grupo de trabajo dirigido al control del picudo del algodón *Anthonomus grandis* Boheman.
15. LABOUCHEIX, J., 1971. — Variabilidad anual de las plagas del algodón en Nicaragua. *El Algodonero*, 4, 5-7.
16. LABOUCHEIX, J., 1973. — Recherche et production cotonnières au Nicaragua. Bilan de cinq années de lutte phytosanitaire. *Cot. Fib. trop.*, 28, 2, 323-335.
17. LABOUCHEIX, J., 1978. — Recomendaciones e instrucciones para el estudio de la resistencia de las plagas del algodón a los insecticidas. Cent. Exp. Alg. Posoltega, 53 p.
18. RIDGWAY, R.L. ; LLOYD, E.P. ; CROSS, W.H., 1983. — Cotton insect management with special

- reference to the boll weevil. USDA Agr. Res. Serv., *Agr. Handbook*, 589, 591 p.
19. ROUSSEL, J.S. ; CLOWER, D., 1955. — Resistance to the chlorinated hydrocarbon insecticides in the boll weevil. *Louisiana Agri. Expt. Sta. Circ.*, 41.
  20. SEQUEIRA, A., 1975. — Historia del control de plagas del cultivo del algodón en Nicaragua. *Agronomía*, 1, 1, 8-16.
  21. TIPPING, H.H. ; BECKHAM, C.M., 1962. — Boll weevil resistance to several chlorinated hydrocarbon insecticides in Georgia, 1962. *J. Econ. Ent.*, 55, 6, 944-947.
  22. VAISSAYRE, M. ; ALVARADO, M., 1982. — Activité insecticide du méthyl parathion en culture cotonnière en El Salvador. *Cot. Fib. trop.*, 37, 3, 241-247.

## Evaluación de la eficacia del methyl parathion sobre *Anthonomus grandis* Boheman en el cultivo del algodón en Nicaragua

J. Laboucheix y D.F. Gonzalez M.

### RESUMEN

La lucha contra *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera, Curculionidae) se ha vuelto una de las mayores preocupaciones de los cultivadores de algodón en Nicaragua quienes son llevados a utilizar dosis crecientes de methyl parathion. La ejecución reciente de los programas de lucha específicos contra el picudo no ha dado los resultados esperados, y la posibilidad de una resis-

tencia de *Anthonomus grandis* a methyl parathion es enfocada. La evaluación de la eficacia del methyl parathion por el método de la DL 50 muestra que las poblaciones estudiadas son de 10 a 30 veces menos sensibles que las cepas probadas en los Estados Unidos y en El Salvador. La sustitución por lo menos parcial del methyl parathion por otros productos es previsible.

DESCRIPTORES : algodón, resistencia a los insecticidas, DL 50, paration metílico, Nicaragua.

### INTRODUCCION

En 1984-85, Nicaragua ha importado más de 3 600 toneladas de methyl parathion 80 %, representando un valor CIF de más de 9 millones de dólares, o sea más de un cuarto del valor total de los insecticidas importados durante el período considerado.

Nicaragua, como los demás países productores de algodón en América Central (figura 1), es « famoso » por el gran número de tratamientos insecticidas que se efectúan cada año, siendo este número generalmente superior a 20, y pudiendo llegar hasta 25 aplicaciones por temporada, y aún más en casos excepcionales. En 1984-85, se estima que las 120 000 ha de algodón recibieron un promedio de 25 aplicaciones de methyl parathion, lo que es considerable.

El toxáfeno y el methyl parathion figuran desde hace mucho tiempo dentro de los productos insecticidas más utilizados en Nicaragua. Tradicionalmente el toxáfeno ha sido asociado al DDT para controlar las larvas de lepidópteros mientras que el methyl parathion estaba reservado a la lucha contra *Anthonomus grandis* Boheman comúnmente llamado picudo del algodón. Con el abandono del DDT hace algunos años, la mezcla tox-DDT-methyl parathion dejó lugar a la mezcla tox-methyl que a su vez se banalizó, y el uso del methyl parathion, lejos de disminuir, progresó regularmente. Esta utilización masiva de un mismo órgano fosforado durante decenios ha conducido al uso de dosis cada vez más altas de methyl parathion, lo que podría dar alguna credibilidad a la hipótesis según la cual *Anthonomus grandis* podría haber desarrollado una resistencia a este producto.

Por lo general, el methyl parathion es específicamente usado contra *Anthonomus grandis*, el cual era presente desde 1944 cuando comenzó la producción algodonnara (SEQUEIRA, 1975) y ha venido a ser con los años el enemigo número uno del cultivo del algodón en Nicaragua.

El methyl parathion puede ser usado solo, sin embargo, en la mayoría de los casos entra en la composición de los numerosos cocteles insecticidas de los cuales los algodonneros nicaragüenses son muy aficionados.

Las dosis utilizadas van de 1 a 3 litros por manzana <sup>(1)</sup>, lo que corresponde a cantidades de 700 a 2 100 gramos de materia activa por hectárea.

Tal diversidad de productos usados se debe esencialmente a 2 factores : por una parte, un complejo de plagas muy variado, que ataca todas las partes de las plantas, y por otra parte, una tendencia natural de los agricultores a tratar de una forma excesiva (LABOUCHEIX, 1973).

De hecho, la presión de las plagas es muy importante puesto que al lado de *Anthonomus grandis* se encuentra todo un grupo de lepidópteros de los cuales podemos mencionar : *Spodoptera exigua* (Hübner), *S. frugiperda* (J.E. Smith), *Heliothis zea* (Boddie), *H. virescens* (F.), *Estigmene acrea* (Drury) y *Alabama argillacea* (Hübner). Cabe mencionar también la presencia de un cierto número de otras plagas tales como : *Aphis gossypii* Glover y *Bemisia tabaci* (Gennadius) el cual tiene un papel importante en la transmisión de algunas enfermedades. La presencia simultánea de varias plagas es frecuente, lo que implica el uso de mezclas de insecticidas, y la gran variabilidad de las poblaciones de plagas de un año para otro hace difícil establecer métodos eficaces de lucha (LABOUCHEIX, 1971).

En los años 70, se montó un programa de Control Integrado que tenía tres objetivos : reducir el uso excesivo de insecticidas, bajar los costos de producción y aumentar la producción algodonnara. Quince años después del lanzamiento de este programa, se tiene que constatar que ninguno de los objetivos fijados ha sido realmente logrado, y este fracaso tiene que ser seriamente analizado.

(1) 1 manzana = 7 000 m<sup>2</sup>.



LAS ESTRATEGIAS DE LUCHA CONTRA *ANTHONOMUS GRANDIS*

En 1980, la temporada fue excepcionalmente favorable al picudo, habiendo este aparecido muy temprano y llegado a niveles de infestación muy elevados. Se estima que durante esta temporada agrícola la casi totalidad de los tratamientos insecticidas del algodónero contenían productos contra *Anthonomus grandis* de los cuales el más importante era por supuesto el methyl paratión.

Frente a esta amenaza se decidió montar un Proyecto Piloto de Supresión del Picudo (PPSP), que fue implantado en las zonas algodonerías número uno y dos, próximo a las localidades de Malpaisillo, Chinandega, Quezalguaque, PoneLOYA (figura 2).

El principio del Proyecto estaba basado sobre el hecho de que *Anthonomus grandis* no tiene diapausa en Nicaragua (GONZALEZ Y BARCENAS, 1983) y manifiesta una actividad biológica continua, aún fuera del período del cultivo del algodón. De hecho, durante la temporada seca, él se encuentra sobre retoños del cultivo anterior donde él puede mantenerse hasta la época de la siembra normal. La idea era de utilizar este principio para establecer un cierto número de parcelas trampas con feromona donde cada día se fumigan los picudos así atraídos por medio de aplicaciones terrestres de methyl paratión y cada semana se colectan y entierran los órganos fructíferos caídos al suelo, para destruir las formas inmaduras del insecto.

Establecido en 1982, el Proyecto cubría una área de 25 000 manzanas, o sea 17 000 hectáreas, repartidas sobre dos zonas: unas más seca (Malpaisillo, El Terrero) y una más húmeda (PoneLOYA, Quezalguaque). Al cabo del primer año, habiendo sido los resultados alentadores, se decidió continuar la operación que recibió entonces el nombre del Programa Control del Picudo (PCP).

El PCP debía en principio comprender las dos zonas del

Proyecto Piloto Supresión del Picudo, más una tercera zona de 20 189 manzanas, o sea 14 130 hectáreas, incluyendo las localidades de Telica, León, La Paz Centro y Nagarote.

Sin embargo, las dificultades materiales encontradas no permitieron llevar a cabo el Proyecto en su totalidad y la evaluación final del Proyecto realizada en 1984, solamente incluye la zona ya escogida para el PPSP (CEA, 1984).

Esta evaluación menciona resultados variables. Se encontrará en la tabla 1 una comparación de las cantidades de insecticidas utilizadas dentro de la zona del Programa Control del Picudo y fuera de esta. Los datos se refieren a los insecticidas principalmente usados contra *Anthonomus grandis* (methyl paratión, toxáfeno).

Si los resultados son netamente a favor del PCP en la zona 2, ellos no lo son en la zona 1. Sin embargo, puede considerarse que el período de referencia es demasiado corto y que hubiese sido necesario continuar la experiencia durante varios años para sacar una conclusión realmente válida. Desafortunadamente, la operación PCP no ha sido proseguida y el problema de la lucha contra *Anthonomus grandis* quedó inconcluso.

Paralelamente a la realización de estos diferentes proyectos, la sección de Entomología del Centro Experimental del Algodón en Posoltega, Nicaragua, inició un programa de estudio de la DL 50 de *Anthonomus grandis* en relación al methyl paratión con el objetivo de determinar los niveles de sensibilidad del insecto. Dicho estudio se inició en 1982 y se mantuvo hasta noviembre de 1985.

El presente trabajo expone los resultados obtenidos y hace una estimación de la situación actual y de las medidas a contemplarse en el futuro.

## MATERIALES Y METODOS

Se seleccionó un cierto número de sitios en la zona algodonería situada a lo largo del Pacífico y particularmente en las fincas en las cuales se había seguido la evolución de la plagas en los años anteriores (figura 2).

Los sitios escogidos están ubicados en las proximidades de las localidades de Telica, Quezalguaque, Posoltega, Chinandega y Malpaisillo. Sin ser totalmente representativos de la totalidad de la zona algodonería, por lo menos estos lugares constituyen un muestreo variado tanto del punto de vista climático como de los tipos de suelo, lo que corresponde a situaciones ecológicas distintas, en las cuales el insecto puede presentar comportamientos diferentes.

Los adultos de *Anthonomus grandis* usados en las pruebas proceden de botones florales (pachas) caídos al suelo tras una herida y, después de ser colectados, traídos al laboratorio para su debida conservación hasta la emergencia de los adultos. Este método es muy común y evita la manipulación previa de los adultos (BRAZZEL y SHIPP, 1962).

La época de colecta varía de julio a diciembre y las parcelas de algodón utilizadas eran campos algodoneríos, o parcelas trampas especialmente sembradas para atraer y después destruir los picudos, o parcelas rastrojos o sea parcelas de retoños del algodónero que se dejan crecer en esta temporada.

El método de aplicación tópica utilizado es el clásicamente recomendado por la Sociedad Entomológica de América (Anónimo, 1968). Los órganos florales recolectados son conservados a una temperatura comprendida entre 27 y 30 °C, y a una higrometría de 60 a 70 %. Trás su salida, los adultos son mantenidos en las mismas condiciones, alimentados con hojas cotiledonales y reciben la aplicación tópica a las 48 horas (LABOUCHEIX, 1978).

Estos se hacen usando un microaplicador de marca ARNOLD, calibrado para aplicar una cantidad de 1 microlitro de solución acetónica sobre la parte dorsal del torax. Después de la aplicación, los insectos se colocan en platos Petri ventilados y se alimentan con cotiledones de algodón. Los recuentos de mortalidad se efectúan a las 48 horas, siendo considerado como muerto el insecto que no reacciona al pellizco de la pata.

El insecticida usado era el methyl paratión técnico al 80 % cuya composición había sido verificada en un laboratorio francés especializado en el análisis de pesticidas.

El procesamiento de los datos según el método Log-Probit (FINNEY, 1964) se efectuó en el servicio de biometría del IRCT en Montpellier. Los resultados son expresados en microgramos de tóxico por adulto de *Anthonomus grandis* de acuerdo a las recomendaciones de la Sociedad Entomológica de América.

## RESULTADOS Y DISCUSION

## Experimentación 1982-83

Las primeras pruebas realizadas llevaban un carácter preliminar y tenían como propósito probar el método y adaptarlo a las difíciles condiciones de trabajo en el Centro Experimental del Algodón de Posoltega. En las pocas

pruebas que se hicieron, se utilizó un número reducido de insectos o sea de 20 a 30 adultos por cada dosis aplicada. Los insectos procedían de tres fincas situadas en Quezalguaque (finca Soledad), Chinandega (finca Santa Carlota) y Posoltega (finca Chiquimulapa).

Se probaron seis dosis, comprendidas entre 0,03 g 2,5 µg/insecto, habiéndose escogido como DL 50 de referencia el valor calculado por VAISSAYRE y ALVARADO (1982) en su estudio realizado en El Salvador, país vecino de Nicaragua, y cuyas condiciones de cultivo del algodón son muy similares. Las primeras DL 50 calculados dieron valores de 0,5 a 0,7 µg/adulto, o sea de 10 a 20 veces el valor de 0,048 µg calculado por VAISSAYRE y ALVARADO para insectos recolectados en el campo.

Durante la temporada algodonnara de 1983, el programa de pruebas por medio de aplicaciones tópicas fue continuado, y se escogieron dos localidades más: Malpaisillo, y Telica (finca San José-Telica). Todos los sitios de recolección fueron seleccionados de acuerdo a su presencia en el área del Programa Control del Picudo (PCP) y también debido al hecho de que la dinámica de población de los insectos había sido seguido bastante bien en estos lugares en los años anteriores.

En total, se utilizaron más de 5 000 insectos provenientes de botones florales caídos al suelo. El período de recolección de los insectos era comprendido entre los meses de agosto y diciembre, y las parcelas de algodón seleccionadas eran de cultivos comerciales como de cultivos trampas o rastrojos de algodón.

Véase en la versión francesa el cuadro 2 que da los valores de las DL 50 expresados en microgramos de insecticida por adulto.

Los valores obtenidos son comprendidos entre 0,23 y 1,73 µg por adulto siendo el valor promedio de la DL 50 cerca de 0,80 µg/adulto, o sea 17 veces el valor tomado como referencia de capas susceptibles (0,05 µg/adulto). La variabilidad de los sitios y de las fechas de recolección no parece siempre suficiente para explicar las diferencias observadas entre los valores de las DL 50, y los estudios llevados a cabo han mostrado que las condiciones de recolección y de transporte de los órganos florales podían presentar diferencias notables influyendo en algunos casos en los resultados finales.

Tomando en cuenta estas observaciones se programaron para 1984-85 otras series de aplicaciones tópicas, dándole un cuidado particular a la uniformidad de los métodos de recolección y transporte.

### Experimentación 1984-85

Véase en la versión francesa el cuadro 3 que da los resultados obtenidos de las aplicaciones tópicas sobre adultos recolectados en los sitios anteriormente mencionados.

Una vez más se encuentra una DL 50 elevada cuyo valor promedio se sitúa alrededor de 0,6 µg por insecto.

En las gráficas 3 y 4 se puede observar que con excepción de Chiquimulapa, las diferentes líneas de regresión presentan pendientes muy comparables, lo que refleja una cierta homogeneidad de la población considerada.

Sin embargo cabe notar la fuerte inclinación de estas rectas, y eso significa que para pasar de la DL 50 a la DL 90 hay que aumentar considerablemente la dosis aplicada. Estos resultados corroboran las observaciones de campo realizadas por los agricultores quienes cada vez tienen más dificultades para controlar el picudo, y que progresivamente han pasado de 1 hasta 3 litros de methyl paratión por manzana.

Los valores obtenidos a partir de insectos recolectados en Chiquimulapa no reflejan la misma homogeneidad y el valor de la DL 50 de los adultos capturados en parcelas trampas se aleja del valor promedio observado. Cabe mencionar que esta finca era parte del Programa Control del Picudo, y es posible que una cepa de individuos resistentes haya sido seleccionada a consecuencia del alto número de tratamientos que se hicieron para eliminar los picudos capturados.

No obstante, los valores de DL 50 obtenidos en las diversas localidades de las zonas algodonnaras son mucho

más elevados que los de Estados Unidos donde el *boll-weevil* es una de las plagas más dañinas del algodón. Según una estimación del National Cotton Council, el costo total de las pérdidas debido al *bollweevil* y a su control era en 1972 de 260 millones de dólares por temporada. En 1977, más de 7 000 toneladas de materia activa de methyl paratión fueron utilizadas en la lucha contra *Anthonomus grandis* (COOKE y PARVIN, 1983). Sin embargo, a pesar del uso prolongado del methyl paratión, *Anthonomus grandis* no ha desarrollado ninguna resistencia a los organofosforados pero se ha vuelto resistente a los organoclorados (ROUSSEL y CLOVER, 1955; TIPPINS y BECKHAM, 1962).

En 1962, BRAZZEL y SHIPP, en un estudio realizado en Texas, estiman que no hay ningún índice de resistencia del *bollweevil* a los organofosforados. El valor de la DL 50 que ellos obtienen a partir de individuos capturados en el campo se sitúa entre 0,055 y 0,092 µg/insecto para el año 1961, y entre 0,044 y 0,073 µg/insecto para el año 1962.

En otros estudios realizados en Louisiana en 1962, GRAVES y ROUSSEL muestran que la sensibilidad al methyl paratión se mantiene estable, y ellos dan valores de DL 50 comprendidos entre 0,02 y 0,056 µg/insecto según las localidades. En 1973, BOTTREL *et al.* confirman la estabilidad de la situación en Texas, donde a pesar del uso repetido del malatión, ningún caso de resistencia a los organofosforados ha sido reportado.

En 1975, HOPKINS *et al.*, en un estudio concerniente al período 1968 a 1974, muestran que el valor de la DL 50 queda comprendido entre 0,047 y 0,067 µg/adulto.

Un valor equivalente es dado por DAVIS *et al.* (1975) a partir de insectos criados en el laboratorio (0,055 µg/adulto).

Dicha situación no parece haber cambiado de una forma muy marcada durante los últimos años y cabe subrayar la notable estabilidad de la respuesta de *A. grandis* al paratión metílico en los Estados Unidos de América. Es muy interesante también recordar el caso de El Salvador en donde el valor de la DL 50 se sitúa una vez más alrededor de 0,05 µg/adulto, concluyendo los autores del estudio que nada indica una evolución hacia una menor sensibilidad.

En base a los estudios arriba mencionados y en ausencia de referencias anteriores para Nicaragua, se puede considerar estos valores como representativos de una situación de no resistencia. En estas condiciones, con valores de 10 a 30 veces superiores, la situación en Nicaragua es preocupante, y la tolerancia elevada manifestada por *Anthonomus grandis* con respecto al methyl paratión nos autoriza a contemplar la posibilidad de una evolución hacia la resistencia a este producto y eventualmente a todos los demás organofosforados. Esta situación debe de ser tomada en cuenta puesto que ella puede indirectamente inducir una resistencia generalizada a los piretroides. De hecho, la reciente aparición en el mercado de nuevas moléculas de piretroides de muy amplio espectro tales como la cyalettrina o la cyflutrina, podría llegar al uso exclusivo de piretroides en la lucha contra todas las plagas del algodón en Nicaragua. Al utilizar una sola familia química a lo largo de la temporada se aumentaría de una forma considerable los riesgos de aparición de una resistencia generalizada a los piretroides. El uso de asociaciones incluyendo un organofosforado y un piretroide con acción específica para lepidópteros tal como la cypermethrina o la deltamethrina, parece ser una solución más aceptable frente al peligro que acabamos de mencionar.

La posibilidad de una resistencia de *Anthonomus grandis* al methyl paratión en Nicaragua debe ser muy seriamente examinada, tomando en cuenta la importante extensión del insecto en América del Sur, sobre todo en Brasil y Argentina (IICA, 1984), y parece recomendable establecer un programa regional de determinación de la sensibilidad de las poblaciones migrantes a los principales insecticidas.

De la misma forma será muy importante conocer los resultados de los trabajos desempeñados por el CEA-Posoltega con el fin de estudiar la evolución de las dosis de methyl parathion realmente eficaces en el campo y para determinar el papel exacto del toxáfeno, cuando este está asociado al methyl parathion.

El estudio de soluciones alternas por medio de una sustitución parcial o total del methyl parathion por otros organofosforados, es también programado y puede esperarse que el conjunto de estos trabajos nos llevará a una disminución de los riesgos encontrados y a un mejor control de *Anthonomus grandis*.

## Estimate of the effectiveness of methyl parathion against *Anthonomus grandis* Boheman in Nicaraguan cotton fields

J. Laboucheix and D.F. Gonzalez M.

### SUMMARY

The control of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera, Curculionidae) has become one of the major concern for cotton farmers in Nicaragua who have to use increasing doses of methyl parathion. The recent implementation of specific control strategies against the *picudo* did not give the results expected and a resistance of *Anthonomus grandis* to methyl parathion seems

possible. The estimate of the effectiveness of methyl parathion by the LD 50 method shows that the populations studied are 10 to 30 times less susceptible than the strains tested in the United States and in El Salvador. The substitution, at least partial, of methyl parathion by other products should be considered.

KEY WORDS : cotton, insecticide resistance, LD 50, methyl parathion, Nicaragua

### INTRODUCTION

In 1984-85, Nicaragua imported more than 3,600 tons of methyl parathion 80 %, amounting to a CIF value of over 9 million dollars, i.e. more than a quarter of the total value of insecticides imported during the period of time considered.

Nicaragua, like the other cotton-producing countries in Central America (Figure 1), is well-known for the large number of insecticide applications made every year, which is generally over 20 per season or 25 and even more in some cases. In 1984-85, it is estimated that the 120,000 hectares of cotton received 23 applications of methyl parathion on average, which is considerable.

Toxaphene and methyl parathion have long been the most applied insecticides in Nicaragua. Toxaphene was traditionally associated with DDT to control Lepidoptera larvae while methyl parathion was used against *Anthonomus grandis* Boheman, commonly called *picudo*. When DDT was abandoned a few years ago, the toxaphene - DDT - methyl parathion association was replaced by the toxaphene - methyl parathion compound which became commonplace and far from decreasing, the use of methyl parathion progressed steadily. Unfortunately, the massive use of the same organo-phosphate during decades led to using increasing doses, which might give some credibility to the hypothesis according to which *Anthonomus grandis* has built up a resistance to this product.

As a general rule, methyl parathion is exclusively used to control *A. grandis* which was already present in 1944 when cotton production started (SEQUEIRA, 1975) and became with the passing years the major pest in Nicaragua cotton fields.

Methyl parathion can be used alone but, most of the time, it is involved in the innumerable insecticide mixtures Nicaraguan farmers are particularly fond of. The doses used range from one to three litres per manzana<sup>(1)</sup>, which corresponds to quantities ranging from 700 to 2,100 grams of active ingredient per hectare.

Such a diversity in the products used is mainly due to two factors : a complex of varied pests attacking all plant parts and the farmers' natural tendency to make too many applications (LABOUCHEIX, 1973).

Pest pressure is actually very important, since Lepidoptera such as *Spodoptera exigua* (Hübner), *S. frugiperda* (Abbott and Smith), *Heliothis zea* (Boddie), *H. virescens* (F.), *Estigmene acrea* (Drury) and *Alabama argillacea* (Hübner) can be found next to *Anthonomus grandis*. We should mention the presence of many other pests such as *Aphis gossypii* (Glover) and *Bemisia tabaci* (Gennadius) which play a major role in the vection of some diseases. The simultaneous presence of several of these pests is frequent, implying that insecticide mixtures are used, and the high population variability from one year to the next makes it difficult to develop effective control methods (LABOUCHEIX, 1971).

A programme of integrated control was started in the 70's with three objectives : reduce the excessive use of insecticides, decrease production costs and increase cotton production. Fifteen years after this programme was launched, it is obvious that none of these objectives was achieved and this failure must be seriously taken into consideration. Parasitism has changed and whereas the relative part of some pests such as *Heliothis sp.* has decreased, the control of *A. grandis* proves increasingly difficult.

(1) 1 manzana = 7,000 m<sup>2</sup>.



STRATEGIES TO CONTROL *A. GRANDIS*

In 1980, the season was exceptionally favourable to the *picudo*, as it appeared very early and reached very high infestation levels. It is estimated that during this crop season, almost all the cotton insecticide applications included products against *A. grandis*, the major one being of course methyl parathion.

Before this threat, it was decided to implement a Picudo Suppression Pilot Programme (PPSP) in the cotton area near the localities of Malpaisillo, Chinandega, Quetzalgaque and Ponsioya (Figure 2). The principle was based on the absent diapause of *A. grandis* in Nicaragua (GONZALES and BARCENAS, 1983) which shows a continuous biological activity even outside the cotton growing period. During the dry season, it is found on the shoots of the preceding crop where it can stay until normal sowing. The idea was to use this principle to establish a certain number of pheromone trap plots. Each day, the *picudos* attracted thus were treated with methyl parathion ground applications and each week, the fruiting organs shed were buried as to destroy insect immature forms.

The project was established in 1982 covering 25,000 manzanas (17,000 hectares), distributed in two areas: a dry area (Malpaisillo, El Terrero) and a humid area (Ponsioya, Quetzalgaque). After the first year, the results obtained were considered encouraging and it was decided to continue the project which was entitled PCP, Programa de Control del Picudo (Picudo Control Programme).

In principle, PCP was to involve the two PPSP areas and a third area of 20,189 manzanas (14,130 ha), including the localities of Telica, León, La Paz Centro and Nagarote (Figure 2). However, the material difficulties met did not allow the whole project to be carried out and the final project estimate conducted in 1984 only involved the two areas already selected for PPSP (CEA, 1984). This estimate shows uneven results. Table 1 compares the amounts of insecticides used inside and outside PCP area. The data concern the insecticides that are mostly used against *A. grandis* (methyl parathion, toxaphene).

While the results are clearly in favour of PCP in area 2, they are not in area 1. However, it can be considered that the period of reference is too short and that the experiment had to be carried on over several years for a really reliable conclusion to be drawn. Unfortunately, the PCP operation was not continued and *A. grandis* control still remains a problem.

At the same time as these projects were carried out, the Entomology Department of the Posoltega Centre established a programme to study the LD 50 of *A. grandis* towards methyl parathion as to determine the susceptibility level of the insect. This study started in 1982 and was carried on continuously until November 1985. This paper will give the main results obtained and review the present situation and the measures to contemplate in the future.

## MATERIALS AND METHODS

Several sites were selected in the cotton area along the Pacific and more particularly in the fincas where populations had been monitored the previous years (Figure 2).

The sites selected were near the localities of Telica, Chinandega, Posoltega, Quetzalgaque and Malpaisillo. Although not totally representative of the whole cotton area, these localities are varied examples of climates and soils, i.e. different ecological situations likely to alter the insect behaviour.

The *A. grandis* adults used in the tests were found in punctured and shed squares (*pachas*). They were collected and taken to the laboratory where they were kept until adult emergence. This method is currently used and avoids previous adult handlings (BRAZZEL and SHIPP, 1962).

The time of collection varied from July to December and the cotton plots used were either farmers' fields or so called trap plots especially planted to attract and destroy *picudos*, or even *rastrajos*, i.e. plots where cotton was let to grow in the interseason.

The topical application method used was that usually recommended by the Entomological Society of America (Anonymous, 1968). The squares collected were kept at

a temperature between 27 and 30° C, hygrometry ranging from 60 to 70 %. After emergence, adults were maintained under the same conditions and fed with young cotyledonary leaves. They received the topical application after 48 hours (LABOUCHEIX, 1978).

A micro-applicator of the ARNOLD make was used, adjusted to place one microlitre of acetone solution on the dorsal surface of the thorax of each insect. The mean weight of the adults tested was 15 milligrammes. After the application was made, the insects were placed in ventilated petri dishes and fed with young cotton leaves. Dead insects were counted after 48 hours, being an insect considered dead when it was unable to respond to leg pinching.

The insecticide used was technical methyl parathion at 80 % active ingredient, the composition of which had been checked by a French laboratory specialized in pesticide analysis.

The data were processed according to the Log - Probit method (FINNEY, 1964) by IRCT Biometry Department in Montpellier. The results are expressed in microgramme of insecticide per *A. grandis* adult, as recommended by the Entomological Society of America.

## RESULTS AND DISCUSSION

## 1982-83 experimentation

The first tests that were conducted took a preliminary character and mainly aimed at proving the technique and adapting it to the difficult working conditions prevailing in the Posoltega station. At the beginning, these few tests only dealt with a limited number of insects, say 20 to 30 adults per dose applied. The insects came from three fincas located in Quetzalgaque (finca Soledad), Chinandega (finca Santa Carlota) and Posoltega (finca Chiquimulapa).

Six doses, ranging from 0.03 to 2.5 µg/insect were tested and we selected as reference LD 50 the value established by

VAISSAYRE and ALVARADO (1982) in a study performed in El Salvador which is a neighbouring country of Nicaragua and where cotton is grown under similar conditions. The first LD 50 calculated gave values of around 0.5 to 0.7 µg/adult, i.e. 10 to 20 times the value of 0.048 µg worked out by VAISSAYRE and ALVARADO for field-collected insects.

During the 1983 cotton season, the programme of tests by topical applications continued and two additional localities were chosen, Malpaisillo and Telica (finca San José-Telica). All the collection sites were selected because they belonged to the area of PCP (Programma de Control del



Picudo) and because the evolution of insect populations had been, at various degrees, relatively well - monitored the previous years.

A total of more than 5,000 insects from shed squares were used. The insect collection period was from August to December and the cotton plots selected were either cash-crop fields or trap plots in which *A. grandis* adults were systematically eliminated by repeated methyl parathion applications.

Table 2 gives the LD 50's calculated expressed in microgrammes of insecticide per adult.

The values obtained range from 0.23 to 1.73 µg per adult, being the mean LD 50 around 0.8 µg/adult, i.e. 17 times the value taken as reference susceptible strain (0.05). Diversity in collection sites and dates is not always sufficient to explain the differences obtained in LD 50 doses. The researches undertaken therefore showed that the conditions under which squares were collected and transported could show notable variations likely to alter the tests.

Considering all these observations, new series of topical applications were conducted in 1984-85 and great care was taken of the standardization of collection and transport methods.

#### 1984-85 experimentation

Table 3 gives all the results obtained with topical applications on adults from the same collection sites as previously. Again, LD 50 is high, being the mean value around 0.6 µg per insect.

Figures 3 and 4 show that apart from Chiquimulapa, the regression lines have similar slopes, which reflects some homogeneity in the population considered. However, the inclination of these lines should be noted since it means that the dose has to be markedly increased to pass from LD 50 to LD 90. This corroborates the observations made by the farmers who find it increasingly difficult to control the *picudo* and progressively increased the amount of commercial methyl parathion per manzana from 1 to 3 litres.

The values obtained with insects collected in Chiquimulapa do not reflect the same homogeneity and the value of the LD 50 of insects from trap plots widely departs from the mean value observed. It should be mentioned that this *finca* was particularly well - monitored within the framework of PCP and it is likely that a strain of resistant individuals was selected after the innumerable applications made to eliminate the *picudos* captured.

Anyway, the LD 50's obtained in the different localities in the cotton area are far higher than those reported from the United States where the boll weevil is a major cotton pest; according to an estimate of the National Cotton Council, the total cost of the losses due to the boll weevil and its control was 260 million dollars a year in 1972. In 1977, more than 7,000 tons of active ingredient of methyl parathion were used to control *Anthonomus grandis* (COOKE and PARVIN, 1983). Despite the prolonged use of methyl parathion, *A. grandis* did not build up any resistance to organophosphates whereas it became resistant to organochlorates (ROUSSEL and CLOWER, 1955; TIPPING and BECKHAM, 1962).

In a study carried out in Texas in 1962, BRAZZEL and SHIPP considered that there was no evidence of the resistance of the boll weevil to organophosphates. The value of the LD 50 they obtained from field collected individuals ranged from 0.055 to 0.092 µg/insect for 1961 and from 0.044 to 0.073 µg/insect for 1962. In another study carried out in Louisiana in 1962, GRAVES and ROUSSEL showed that susceptibility to methyl parathion remained stable and the LD 50's they give range from 0.02 to 0.06 µg/insect according to the localities. In 1973, BOTTRELL *et al.* observed that the situation in Texas remained stable and that no resistance to organophosphates appeared despite the repeated use of methyl parathion.

In 1975, HOPKINS *et al.* carried out a study on the 1968 - 74 period showing the LD 50 value still ranged from 0.047 to 0.067 µg/adult. An identical value is given by DAVIS *et al.* (1975) with laboratory - reared insects (0.055 µg/adult).

It seems that this situation has not changed markedly over the last few years and the remarkable stability of the response of *A. grandis* to methyl parathion in the United States should be stressed. It is also interesting to mention the case of El Salvador where LD 50 is again around 0.05 µg/adult; this leads the authors to conclude that there is no evidence of a development towards decreased susceptibility.

On the basis of the above - mentioned studies and in the absence of any previous reference for Nicaragua, these values can be regarded as representative of a situation of non resistance. Under these conditions, with values 10 to 30 times higher, the situation in Nicaragua is worrying and it is to be feared that the high tolerance to methyl parathion shown by *A. grandis* develops towards resistance to this product and possibly to every organophosphate. This situation should be taken all the more seriously since it can indirectly induce resistance to pyrethroids. The recent marketing of new pyrethroid molecules with a very broad spectrum of control such as cyalothrin and cyfluthrin could easily lead to the exclusive use of pyrethroids to control all the cotton pests in Nicaragua. The use of only one chemical family throughout the season would of course considerably multiply the risk of a general resistance to pyrethroids. Using associations including one organophosphate and one pyrethroid with a more specifically lepidoptericide effect such as cypermethrin or deltamethrin for example, would be a more reasonable solution in the face of the risk we have just described.

The possible existence of a resistance of *Anthonomus grandis* to methyl parathion in Nicaragua should be taken seriously in view of the considerable spread of this insect in South America and more particularly in Brazil and Argentina (IICA, 1984); it is desirable that a regional programme be established to determine the susceptibility of migrant populations to the main insecticides.

The works of the Cotton Experimental Center in Posoltega aiming at studying the variations in the methyl parathion doses really effective in the field and at determining the exact role of toxaphene when associated with methyl parathion should also be followed with great interest. The development of alternative solutions by total or partial substitution of methyl parathion for other organophosphates is also being studied and it can be hoped that all these works will eventually lead to a decrease in the risks involved and a better control of *A. grandis*.